

(3)

03P09786



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 195 42 605 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
**A 61 B 19/00**  
A 61 B 5/055  
A 61 B 6/03  
A 61 B 8/13  
G 06 T 15/10

53  
DE 195 42 605 A 1

⑯ Aktenzeichen: 195 42 605.3  
⑯ Anmeldetag: 15. 11. 95  
⑯ Offenlegungstag: 23. 5. 96

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

17.11.94 US 340784

⑯ Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

⑯ Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑯ Erfinder:

Dumoulin, Charles Lucian, Ballston Lake, N.Y., US;  
Darrow, Robert David, Scotia, N.Y., US; Adams,  
William John, Clifton Park, N.Y., US

⑯ Anzeigesystem zur Verbesserung der Darstellung von Körperstrukturen während medizinischer Verfahren

⑯ Ein interaktives Anzeigesystem überlagert Bilder von inneren Strukturen auf einer halbtransparenten Bildschirmeinrichtung, durch die ein Chirurg einen Patienten während eines medizinischen Verfahrens sieht. Das überlagerte Bild wird aus Abbildungsdaten abgeleitet, die mittels eines Abbildungssystems erhalten werden. Eine eindringende Einrichtung wird auch nachgeführt und auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung angezeigt. Ein von der eindringenden Einrichtung ausgehender Strahl, der den beabsichtigten Pfad der eindringenden Einrichtung zeigt, kann auch angezeigt werden. Das Bild wird mit der Ansicht des Chirurgen in Übereinstimmung gebracht und in Echtzeit während des medizinischen Verfahrens angezeigt. Dies ermöglicht dem Chirurgen innere und äußere Strukturen, die Beziehung zwischen ihnen, und den vorgeschlagenen Pfad der eindringenden Einrichtung zu sehen und das Verfahren dementsprechend anzupassen. Ein zweites Ausführungsbeispiel verwendet stereoskopische Ansichtsverfahren zum Erzeugen dreidimensionaler Darstellungen der radiologischen Bilder, die auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung, durch die der Chirurg den Patienten sieht, überlagert sind.

DE 195 42 605 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03.96 602 021/469

11/30

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System zur Unterstützung eines Arztes, wie beispielsweise eines Chirurgen, bei der Darstellung anatomischer Strukturen während medizinischer Verfahren und, insbesondere auf ein System, das dem Arzt ermöglicht, in Echtzeit sowohl innere als auch äußere anatomische Strukturen zu sehen.

Derzeit sehen Ärzte während eines chirurgischen Eingriffs und anderen medizinischen Verfahren, wie beispielsweise der Endoskopie, Biopsie und Implantation, zahlreiche statische Röntgenansichten des Patienten im Operationssaal. Typischerweise sind dies Transparent-film-Wiedergaben von Magnetresonanz (MR)-, Computer-Tomographie (CT)-, herkömmlichen Röntgen- oder Ultraschall-Bildern. Da diese Bilder zweidimensionale statische Bilder sind, müssen die Ärzte die augenblickliche dreidimensionale (3D) Anordnung und Form der inneren Strukturen innerhalb des Patienten aus den zweidimensionalen (2D) Bildern, die sie sehen, bestimmen. Der Arzt konstruiert entwurfsmäßig ein dreidimensionales (3D) Modell der inneren Strukturen und bringt die inneren Strukturen in Verbindung mit sichtbaren äußeren Strukturen des Patienten, wo geschnitten werden muß. Dies ist häufig schwierig, da der Maßstab und die Orientierung des zweidimensionalen (2D) Bildes von dem, was der Chirurg sieht, abweichen können und der Chirurg nicht in der Lage sein kann, sowohl den Patienten als auch die medizinischen Diagnosebilder gleichzeitig zu sehen.

Eine andere für die Lokalisierung innerer Strukturen während eines chirurgischen Eingriffs verwendete Technik ist als stereotaktische Chirurgie bekannt, wie sie in "Interactive Stereotactic Surgical System for the Removal of Intracranial Tumors Utilizing the CO<sub>2</sub> Laser and CT-Derived Database" von B.A. Kall, P.J. Kelly und S.J. Goerss in IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. BME-32, Nr. 2, S. 112–116, 1985, und in "Comprehensive Computer-Assisted Data Collection Treatment Planning and Interactive Surgery" von B.A. Kall, P.J. Kelly und S.J. Goerss in Medical Imaging, Vol. 767, S. 509–514, 1987, beschrieben wurde. Bei diesem Verfahren wird vor einem Computer-Tomographie (CT)- oder Magnetresonanz-Verfahren ein starrer mechanischer Rahmen am Patienten befestigt. Der Rahmen und seine Orientierungspunkte können auf den sich ergebenden Bildern gesehen werden. Mechanismen auf dem Rahmen positionieren eine Sonde bzw. einen Meßfühler an einem speziellen Ort innerhalb des Bildes. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, daß der Rahmen den Zugang zum Patienten beschränkt und die Bilder statische Bilder sind, die dem Patienten nicht folgen, wenn er sich während des chirurgischen Eingriffs bewegt.

Eine dritte für die Lokalisierung innerer Strukturen verwendete Technik ist in "A Frameless Stereotaxic Operating Microscope for Neurosurgery" von E.M. Friets, J.W. Strohbehn, J.F. Hatch und D.W. Roberts in IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 36, Nr. 6, S. 608–617, Juni 1989, beschrieben.

Dreidimensionale Modelle von anatomischen Strukturen können aus Daten von verschiedenen medizinischen Abbildungsanwendungen, wie in den Schriften EP-A-0 629 693, WO-A-94/24631, EP-A-0 549 189 und EP-A-0 549 182 beschrieben, erzeugt werden. Diese Schriften beschreiben die Erzeugung und Manipulation von Modellen innerer Strukturen von Patienten und die

Herstellung von Bildern ausgewählter Strukturen mit gewünschten Ausrichtungen zu einem Benutzer. Dies ermöglicht die Darstellung von inneren Strukturen als räumliche Modelle.

5 Gegenwärtig besteht ein Bedarf nach einem System zur Unterstützung von Ärzten bei chirurgischen Eingriffen und anderen medizinischen Verfahren, das im Dialogbetrieb computererzeugte Darstellungen von inneren Strukturen des Patienten anzeigt und die Darstellung von augenblicklichen und hypothetischen Wegen von eindringenden Vorrichtungen erlaubt.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein System zu schaffen, das bei chirurgischen Eingriffen hilft, indem gleichzeitig ein Bild von inneren Strukturen äußeren Strukturen überlagert wird, auch, wenn die Patienten ihre Position verändern oder wenn die Bediener ihren Ansichtswinkel ändern.

20 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Dialog- bzw. interaktives System zu schaffen, das die gewünschten inneren Strukturen auf äußeren Strukturen anzeigt, wobei diese denselben Maßstab besitzen und aus denselben Orientierungswinkel betrachtet werden.

25 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, für einen Chirurgen eine "am Kopf befestigebare" bzw. "heads up" Anzeige von Röntgenbildern zu schaffen, die äußeren Strukturen eines Patienten innerhalb seines Blickfelds überlagert sind, ohne die Verwendung eines hinderlichen Kopfgestells.

30 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Anzeigesystem zu schaffen, das mit einer eindringenden Einrichtung integriert ist, um eine Darstellung der eindringenden Einrichtung relativ zu inneren Strukturen des Objekts zu bilden.

35 Eine Echtzeit-Operationseinrichtung zur Anzeige interaktiver innerer und äußerer Bilder eines Patienten verwendet eine halbtransparente Anzeigebildschirmeinrichtung, der dem Bediener ermöglicht, gleichzeitig freigelegte Oberflächen und computererzeugte Bilder von inneren Strukturen eines Patienten zu sehen. Ein Symbol, das eine eindringende Einrichtung darstellt, ist dem computererzeugten Bild an einem Ort überlagert, der in Bezug auf die inneren und äußeren Strukturen richtig angezeigt wird.

40 Eine medizinische Abbildungseinrichtung oder ein Computerunterstütztes Entwicklungs-System (computer-aided design (CAD)-System) erzeugt dreidimensionale (3D) Abbildungsdaten von inneren Strukturen des Patienten für einen Arbeitsplatz bzw. eine Workstation. Die dreidimensionale Position und Ausrichtung des Patienten, die halbtransparente Bildschirmeinrichtung, das Auge des Bedieners und eine eindringende Einrichtung, die in den Patienten eingeführt werden soll, werden in Echtzeit dargestellt. Die Workstation erzeugt dreidimensionale (3D) computererzeugte Modelle von inneren Strukturen der Patienten, die ohne einen weiteren Bedarf an der medizinischen Abbildungsvorrichtung verändert werden können. Zweidimensionale (2D) computererzeugte Bilder von den Modellen werden im Dialogbetrieb bzw. interaktiv ausgerichtet und im Maßstab angepaßt, so daß ihre Anzeige auf einer halbtransparenten Anzeigeeinrichtung mit dem visuellen Bild des Bedieners vom Patienten durch die halbtransparente Bildschirmeinrichtung zusammenfällt.

45 Die für neu gehaltenen Merkmale der Erfindung sind insbesondere in den Ansprüchen angegeben. Die Erfindung selbst jedoch, sowohl die Anordnung als auch das

Betriebsverfahren, zusammen mit weiteren Aufgaben und Vorteilen können am besten unter Bezugnahme auf die folgende Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung verstanden werden.

Es zeigen:

Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfundungsgemäßen medizinischen Anzeigevorrichtung, und

Fig. 2 ein vereinfachtes Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfundungsgemäßen medizinischen Anzeigeeinrichtung.

In Fig. 1 wird ein Objekt oder ein Patient 1, bei dem ein medizinisches Verfahren, wie beispielsweise ein chirurgischer Eingriff, durchgeführt wird, mittels einer medizinischen Abbildungseinrichtung 10 abgetastet, die eine Magnetresonanz (MR)-Abbildungseinrichtung, eine Computer-Axiale-Tomographie (CAT)-Einrichtung, eine Positronen-Emissions-Tomographie (PET)- oder eine ähnliche Abbildungseinrichtung sein kann, die fähig ist, mehrdimensionale volumetrische Daten, wie beispielsweise dreidimensionale (3D)-Daten, aus inneren Strukturen des Patienten 1 zu erzeugen. Nach der Abbildung schafft die Abbildungseinrichtung 10 die volumetrischen Daten zu einer Modell-Workstation 100. Wenn die volumetrischen Daten erst zu der Modell-Workstation 100 geschafft sind, ist die Abbildungseinrichtung 10 nicht länger erforderlich. Dies ist wichtig, da einige medizinische Verfahren nicht mit dem Patienten innerhalb der Grenzen einer Abbildungseinrichtung durchgeführt zu werden brauchen, was, wie im Fall von Magnetresonanz (MR)-Abbildung, beschränkend sein kann. In alternativen Ausführungsbeispielen kann die Abbildungseinrichtung 10 im Dialogbetrieb bzw. interaktiv während dem medizinischen Verfahren verwendet werden. Die Modell-Workstation 100 speichert die volumetrischen Daten und erzeugt aus den Daten computererzeugte Modelle, die im Maßstab verändert, gedreht oder anders verändert werden können, ohne die Abbildungseinrichtung 10 weiter zu erfordern.

Ein Bediener 350, wie beispielsweise ein Arzt oder ein medizinischer Assistent beobachtet den Patienten 1. Eine halbtransparente Bildschirmeinrichtung 250 ist zwischen dem Patienten 1 und dem Bediener 350 angeordnet. Eine Nachföhreinrichtung 50, die den Bediener, die halbtransparente Bildschirmeinrichtung 250 und den Patienten 1 überwacht und verfolgt, bestimmt die Lokalisierung und Ausrichtung mit Winkel  $\alpha$ , Teilung  $\theta$  und Abweichung  $\Phi$  der Bedieners 350, des Objekts 1, der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung 250 und der eindringenden Einrichtung 3. Die Nachföhreinrichtung 50 kann eine Nachföhreinrichtung mit 6 Freiheitsgraden sein, wie in "The Flock of Birds" Installation and Operation Guide, Ascension Technology Corporation, 5. Juli 1992, in der Einleitung S. 1–3, im Anhang 1, S. 89 und in Anhang 3, S. 93, beschrieben.

Es wird angenommen, daß sich der Patient 1 am Ursprung des karthesischen Koordinatensystems ( $x, y, z$ ) =  $(0, 0, 0)$  befindet und daher alle Lokalisierungen relativ zum Patienten einfach die ( $x, y, z$ )-Lokalisierungen sind. Die Lokalisierung und Ausrichtung des Patienten 1, der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung 250 und des Bedieners 350 wird durch die Nachföhreinrichtung 50 im Dialogbetrieb bzw. interaktiv zu der Modell-Workstation 100 zugeführt. Die Lokalisierung und Ausrichtung kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen auch manuell zu der(den) Workstation(s) zugeführt werden.

Die Modell-Workstation 100 verarbeitet die dreidi-

mensionalen (3D) volumetrischen Daten, die sie empfängt, und erzeugt ausgewählte Wiedergaben der Daten. Ein Wiedergabe-Verfahren bestimmt Flächen zwischen verschiedenen Arten von Gewebe. Dann wird die Verbindbarkeit von ähnlichen Arten von zueinander benachbartem Gewebe bestimmt. Eine Unterscheidung von Gewebearten aus der Natur des Signals in den dreidimensionalen Bildern ist als Gliederung bzw. Segmentation bekannt. Wenn die dreidimensionalen (3D) volumetrischen Daten in innere Strukturen gegliedert bzw. segmentiert wurden, kann jede innere Struktur durch die Modell-Workstation 100 als ein separates festes Objekt behandelt werden. Die Modell-Workstation 100 besitzt die Fähigkeit, gewünschte innere Strukturen, Farbverschlüsselungsstrukturen ausgewählt anzusehen und innere Strukturen abzutrennen, zu drehen und umzuwandeln, um diese Bilder auf eine gewünschte Weise zu manipulieren, um eine Darstellung für eine mit einem Bediener arbeitende Modell-Workstation 100 zu bilden. Ein alternatives Wiedergabe-Verfahren erzeugt zweidimensionale Projektionen von ausgewählten Merkmalen innerhalb des dreidimensionalen Datensatzes, wie es im US-Patent 5 233 299, erteilt am 3. August 1993, mit dem Titel "Projection Methods for Producing Two-Dimensional Images from Three-Dimensional Data" von S.P. Souza, W.J. Adams und C.L. Dumoulin beschrieben ist. Beispielsweise können zweidimensionale Projektionsangiogramme aus einem dreidimensionalen Phasenkontrast oder einem Laufzeit (time-of-flight)-Magnetresonanz-Angiogramm extrahiert werden. Es sind zahlreiche Projektionsalgorithmen möglich. Diese enthalten die Erfassung der maximalen Pixelintensität entlang eines ausgewählten Projektionsstrahls durch die dreidimensionalen Daten, die Bestimmung der mittleren Pixelintensität eines ausgewählten Projektionsstrahls und die Bestimmung der Standardabweichung aller Pixel entlang einem ausgewählten Projektionsstrahl.

Die Modell-Workstation 100 empfängt Eingabedaten von einer Workstation-Ansichteingabeeinrichtung 60 und von der Nachföhreinrichtung 50, die der Position und Ausrichtung folgt, um die Ausrichtung für die Anzeige innerer Strukturen des Patienten 1 auszuwählen. Die Workstation-Ansichteingabeeinrichtung 60 kann eine Computer-Zeigeeinrichtung, wie beispielsweise ein Handroller bzw. eine Haus oder eine Rollkugel bzw. ein Trackball, sein oder irgendeine Eingabeeinrichtung, die Ebenen, in denen die Bilder zu schneiden sind und einen Ansichtswinkel und einen Maßstab angibt. Die Modell-Workstation 100 synthetisiert ein dialogmäßiges bzw. interaktives computererzeugtes Bild innerer Strukturen eines Patienten 1, die mit der vom Bediener 350 gesehene Echtzeit-Szene zusammenfallen. Eine Symbol-Erzeugungseinrichtung 5 erzeugt ein Symbol, das die Position und Ausrichtung der eindringenden Einrichtung 3 anzeigt. Optional kann ein sich von der eindringenden Einrichtung 3 erstreckender Strahl gezeichnet werden, der den gegenwärtigen Pfad der eindringenden Einrichtung 3 anzeigt.

Das interaktive computererzeugte Bild kann aus einem Computermonitorsignal, wie beispielsweise einem RGB-Computermonitorsignal, in ein Videoformat umgewandelt werden, indem es einen Abtastumwandler 192 (gestrichelt dargestellt) passiert, abhängig vom erforderlichen Anzeigeformat des halbtransparenten Bildschirms 250. Das computererzeugte Bild 250 wird auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung 250 gebildet, die zwischen dem Patienten und dem Bediener 350 angeordnet ist. Die halbtransparente Bildschirmein-

richtung 250 bildet eine gewünschte Mischung äußerer Strukturen des durch den Bediener gesehenen Patienten 1 und des computererzeugten Bilds von der Modell-Workstation 100. Die halbtransparente Bildschirmmeinrichtung 250 kann Eingabesignale vom Bediener empfangen, beispielsweise über die Workstation-Ansichtseingabeeinrichtung 60. Dies kann den Grad von Transparenz für jedes Bild oder irgendeinen anderen von zahlreichen Spezialeffekten umfassen. Ein sehr nützlicher Spezialeffekt ist ein bewegliches Fenster mit 0% Transparenz (100% Undurchsichtigkeit), das einem anderen Bild überlagert ist. Wenn das Fensterbild äußeren Strukturen überlagerte innere Strukturen darstellt, erzeugt es die Illusion, daß äußere Strukturen innerhalb des Fensters weggeschnitten sind und legt die darunterliegenden inneren Strukturen offen. Andere herkömmliche Video-Spezialeffekte können auch verwendet werden. Die halbtransparente Bildschirmmeinrichtung 250 ermöglicht dem Bediener 350 sowohl innere als auch äußere Strukturen gleichzeitig darzustellen. Die sich ergebende vom Bediener 350 beobachtete Szene ist ein dia-logmäßiges bzw. interaktives Echtzeitbild des Patienten 1, auch, wenn sich der Patient während des medizinischen Verfahrens bewegt. Da innere Strukturen und ihre Beziehung zu offenliegenden äußeren Strukturen gleichzeitig angezeigt werden, wird ein Chirurg, der die vorliegende Erfindung verwendet, eine sehr genaue Anzeige wahrnehmen, wo er durch äußere Strukturen schneiden sollte, um bei einer gewünschten inneren Struktur anzukommen, wobei wichtige innere Strukturen gemieden werden.

Fig. 2 veranschaulicht ein alternatives Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei dem der Bediener 350 eine stereoskopische Ansicht von inneren und äußeren Strukturen eines Patienten 1 empfängt. Jedes der Augen des Bedieners 350 unterscheidet sich voneinander in seiner Ausrichtung in Bezug auf den Patienten, so daß jedes Auge eine verschiedene Ansicht erhält. Die Nachführvorrichtung 50 führt die Lokalisierung ( $x_1, y_1, z_1$ ) und Ausrichtungswinkel ( $\alpha_1, \Phi_1, \theta_1$ ) eines ersten und zweiten Auges des Bedieners 350, des Patienten 1, der halbtransparenten Bildschirmmeinrichtung 250 und der eindringenden Einrichtung 3 nach. Die Lokalisierung und Ausrichtung des zweiten Auges des Bedieners kann unabhängig von der Nachführvorrichtung 50 gemessen werden, oder die Lokalisierung und Ausrichtung des ersten Auges kann verwendet werden, um die Lokalisierung und Ausrichtung des zweiten Auges zu berechnen. Die Lokalisierungen und Ausrichtungen werden einer ersten Modell-Workstation 100a zugeführt bzw. einer zweiten Modell-Workstation 100b, die ein rechtes bzw. ein linkes Computergraphik-Bild an den Lokalisierungen ( $x_1, y_1, z_1$ ), ( $x_2, y_2, z_2$ ) bzw. Ausrichtungen ( $\alpha_1, \Phi_1, \theta_1$ ) ( $\alpha_2, \Phi_2, \theta_2$ ) entsprechend den Ansichten von jedem Auge des Bedieners 350 erzeugen.

Eine Symbolerzeugungseinrichtung 5 empfängt die Position und Ausrichtung der eindringenden Einrichtung 3 und zeigt ein Symbol an der richtigen Position und Ausrichtung auf der halbtransparenten Bildschirmmeinrichtung 250 an. Das Symbol kann durch einen Strahl erweitert werden, der den vorgeschlagenen Pfad der eindringenden Einrichtung 3 anzeigt. Steuersignale von der Workstation-Ansichteingabeeinrichtung 60 und der Abbildungseinrichtung 10 können zur ersten Modell-Workstation 100a gesendet werden, die aufeinanderfolgend die Steuersignale zur zweiten Modell-Workstation 100b über den Kommunikationspfad 140 ausbreitet, oder alternativ können die Steuersignale direkt zu

beiden Modell-Workstations gesendet werden.

Das linke und das rechte computererzeugte Bild, die zu einer rechten bzw. einer linken Ansicht gehören, werden in ein Videoformat umgewandelt, wenn es für die halbtransparente Bildschirmmeinrichtung 250 erforderlich ist. Dies wird durch Abtastumwandler 192a, 192b (gestrichelt dargestellt) erreicht, die die umgewandelten computererzeugten Signale zu einer Ablaufsteuereinrichtung 198 durchlassen. Die Ablaufsteuereinrichtung 198 kann eine herkömmliche Videoablaufsteuereinrichtung sein, wie in "Portable, Low Cost Devices for Videotaping, Editing and Displaying Field Sequential Stereoscopic Motion Pictures and Video" von H. Starks, in Stereoscopic Displays and Applications Proc. SPIE Vol. 1256, S. 266—271, 1990, beschrieben.

Die Ablaufsteuereinrichtung 198 läßt das linke computererzeugte Bild zur halbtransparenten Bildschirmmeinrichtung 250 durch.

Dann läßt die Ablaufsteuereinrichtung das rechte computererzeugte Bild zur halbtransparenten Bildschirmmeinrichtung 250 durch. Die Ablaufsteuereinrichtung 198 wechselt synchronisiert viele Male pro Sekunde zwischen rechten und linken Ansichten.

Das auf der halbtransparenten Bildschirmmeinrichtung 250 angezeigte Bild ist zeitlich vervielfacht bzw. time multiplexed, um abwechselnd ein Bild für das linke Auge und das rechte Auge des Bedieners zu erzeugen. Eine stereoskopische Betrachtungseinrichtung 252 ist mit einer Ablaufsteuereinrichtung 198 synchronisiert und dient dazu, die Sicht vom linken oder rechten Auge des Bedieners zu blockieren, um dem entgegengesetzten Auge zu ermöglichen, das Bild auf der halbtransparenten Bildschirmmeinrichtung 250 für einen Augenblick zu sehen und umgekehrt.

Dies ermöglicht dem Bediener in schneller Aufeinanderfolge, das linke Bild mit dem linken Auge zu sehen, während das rechte Auge nichts sieht, und das rechte Bild mit dem rechten Auge zu sehen, während das linke Auge nichts sieht. Dies erzeugt einen stereoskopischen Eindruck, indem die Tiefendimensions-Wahrnehmung bei der Betrachtung des auf der halbtransparenten Bildschirmmeinrichtung 250 angezeigten Bilds hinzukommt. Die Tiefenwahrnehmung ist bei chirurgischen Eingriffen sehr wertvoll, da sie eine Dimension hinzufügt, die bei der visuellen Lokalisierung von Strukturen hilfreich ist, was insbesondere bei komplexen, feinen chirurgischen Eingriffen wichtig ist.

Für beide Ausführungsbeispiele der Erfindung muß sich das Computerbild mit den äußeren Strukturen, wie sie der Bediener 350 sieht, decken (mit ihnen zusammenfallen). Eine Initialisierung kann durch eine manuelle Eingabe von dem Bediener, das (die) computererzeugte(n) Bild(er) zu rotieren, zu übertragen und den Maßstab anzupassen, bis sie mit der durch die halbtransparente Bildschirmmeinrichtung beobachteten Szene zusammenfallen, oder durch Verwendung einer Nachführvorrichtung 50 zum Einstellen von Anfangsparametern erreicht werden.

Wenn einmal das dreidimensionale (3D) Modell und das visuelle Bild des Patienten 1 ausgerichtet sind, hält die Nachführvorrichtung 50 die Ansichtswinkel und den Ansichtsbereich gleich. Dies ermöglicht eine dialogmäßige bzw. interaktive Synchronisierung in Echtzeit zwischen der Bedieneransicht des Patienten 1 und dem(den) computererzeugten Bild(ern).

Da das Bild jeder inneren Struktur in etwas aufgeteilt werden kann, das einem festen Objekt ähnelt, kann es wie ein festes Objekt manipuliert werden. Im Fall von

Strukturen eines Patienten kann ein Chirurg Daten vom Patienten durch medizinische Abbildung erfassen, dann den chirurgischen Eingriff mittels Manipulation der Modelle zum Planen eines gewünschten Ergebnisses vor dem chirurgischen Eingriff planen. Dies ist ebenso bei komplexer wiederherstellender Chirurgie. Wenn einmal der Plan bestimmt ist, kann er gespeichert und während des chirurgischen Eingriffs wieder abgespielt werden. Die Bilder der inneren Strukturen sind im Dialogbetrieb bzw. interaktiv ausgerichtet und im Maßstab angepaßt, um mit dem aktuellen Patienten zusammenzufallen.

Ein Benutzer verwendet eine Workstation-Ansichtseingabeeinrichtung 60 entsprechend den Fig. 1 bzw. 2, um Ebenen auszuwählen, in denen die Strukturen im Modell durchzuschneiden sind, um die dreidimensionale-Ausrichtung des Modells auszuwählen und um Bildschirmschnittebenen auszuwählen, die einen Workstation-Ansichtsbereich definieren. Die Modell-Workstation kann eine Begrenzerschaltungseinrichtung enthalten, um Punkte innerhalb der Modellschnittebenen zu bestimmen, eine Drehschaltungseinrichtung zum Rotieren von Punkten und Einheitsvektoren, eine Segmentierungs-Verarbeitungseinrichtung und eine Schraffursschaltungseinrichtung, die auf der Grundlage der Ausrichtung des Einheitsvektors an jedem Punkt eine Schraffur bestimmt. Zusätzlich kann eine Bildschirmeinrichtung-Begrenzer-Schaltungseinrichtung verwendet werden, um Punkte innerhalb eines Bereichs zu bestimmen, der durch die Bildschirmschnittebenen definiert ist. Die Modell-Workstation kann auch eine Anzeigeschaltungseinrichtung enthalten, um Videosignale zu erzeugen, die, wenn sie sich zu einer geeigneten Anzeigeeinrichtung ausbreiten, Bilder von zahlreichen Flächen erzeugen, die innerhalb des gewünschten Anzeigebereichs oder der Bildschirmschnittebenen liegen.

Bei einer drastischen Operation, wie einem entfernenen chirurgischen Eingriff oder massiven Traumafällen gibt es wenig Struktur, die zur korrekten Feststellung, wie eine normale Struktur sein sollte, verwendet werden kann. In diesen Fällen kann eine zusätzliche Modell-Workstation ein Modell von normalen Strukturen gespeichert haben, das mit den anderen angezeigten Bildern gemischt werden kann, um als ein Führer bei der Wiederherstellungschirurgie zu dienen. Dies kann durch zusätzliche Workstations oder Modell-Manupulations-tafeln durchgeführt werden.

In den vorliegenden Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die halbtransparente Bildschirmeinrichtung 250 zwischen dem Bediener 350 und dem Patienten 1 angeordnet. Die Bildschirmeinrichtung 250 kann aus einer Flüssigkristallanzeigeeinrichtung bestehen oder einen teilversilberten Spiegel enthalten, der ein Bild von einem Videomonitor reflektiert. Die halbtransparente Anzeigeeinrichtung 250 kann als eine relativ große Einrichtung mit Abmessungen ungefähr gleich denen des interessierenden Bereichs des Patienten 1 bestehen oder alternativ kleine Abmessungen haben und relativ nahe am Auge des Bedieners angeordnet sein, beispielsweise in einem Kopfrahmen (head gear) oder einem Augenaufsatzt (eye wear) enthalten sein.

In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die halbtransparente Bildschirmeinrichtung 250 an einem beweglichen Arm 7 befestigt, der ermöglicht, daß der Bildschirmeinrichtung an jedem Ort zwischen dem Patienten 1 und dem Bediener 350 angeordnet werden kann. Dies ermöglicht die Verwendung der Erfindung, die mit kopfmontierten Anzeigen unmöglich sein würde. Beispielsweise, wenn die halbtransparente Bild-

schirmeinrichtung 250 aus einem Material besteht, das eine beschreibbare Oberfläche besitzt, könnte der Bediener einen Tintenstift verwenden, um interessierende Bereiche nachzuziehen oder mit Bemerkungen zu versehen (z. B. die Lokalisierung eines Einschnitts), die für andere in der Nähe sichtbar sind.

Eine andere Verwendung der vorliegenden Erfindung, die nicht mit einer kopfmontierten Anzeige möglich sein würde, ist die Verwendung der Position und Ausrichtung der Anzeigebildschirmeinrichtung zum Bestimmen des auf dem Bildschirmeinrichtung dargestellten Bilds. Die Eingabeeinrichtung 60 kann dann verwendet werden, um die Tiefe der Bildebene innerhalb des Patienten anzupassen. Dies kann daher verwendet werden, um den Patienten zur Beobachtung innerer Strukturen abzutasten und festzustellen, ob der vorgeschlagene Pfad für die eindringende Einrichtung korrekt ist.

Optional wird eine eindringende Positionierungseinrichtung 9 zum System hinzugefügt, die die eindringende Einrichtung hält. Diese wird auch durch die Nachführreinrichtung 50 nachgeführt, so daß die Position und Ausrichtung der eindringenden Einrichtung beobachtet und der (den) Modell-Workstation(s) zugeführt wird. Bevorzugte Punkte zum Nachführen sind der Endpunkt und zumindest ein anderer Punkt der eindringenden Positionierungseinrichtung 9, um die Ausrichtung zusammen mit der Position der eindringenden Einrichtung zu bestimmen.

Während zahlreiche augenblicklich bevorzugte Ausführungsbeispiele des neuen Darstellungssystems im vorstehenden detailliert beschrieben wurden, sind für den Fachmann zahlreiche Modifizierungen und Veränderungen offensichtlich. Es ist daher verständlich, daß die Erfindung nur durch den Schutzbereich der Ansprüche festgelegt ist.

Ein interaktives Anzeigesystem überlagert Bilder von inneren Strukturen auf einer halbtransparenten Bildschirmeinrichtung, durch die ein Chirurg einen Patienten während eines medizinischen Verfahrens sieht. Das überlagerte Bild wird aus Abbildungsdaten abgeleitet, die mittels eines Abbildungssystems erhalten werden. Eine eindringende Einrichtung wird auch nachgeführt und auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung angezeigt. Ein von der eindringenden Einrichtung ausgehender Strahl, der den beabsichtigten Pfad der eindringenden Einrichtung zeigt, kann auch angezeigt werden. Das Bild wird mit der Ansicht des Chirurgen in Übereinstimmung gebracht und in Echtzeit während des medizinischen Verfahrens angezeigt. Dies ermöglicht dem Chirurgen innere und äußere Strukturen, die Beziehung zwischen ihnen, und den vorgeschlagenen Pfad der eindringenden Einrichtung zu sehen und das Verfahren dementsprechend anzupassen. Ein zweites Ausführungsbeispiel verwendet stereoskopische Ansichtsverfahren zum Erzeugen dreidimensionaler Darstellungen der radiologischen Bilder, die auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung, durch die der Chirurg den Patienten sieht, überlagert sind.

## Patentansprüche

1. Medizinische Echtzeiteinrichtung zum Anzeigen von interaktiven Bildern von inneren Strukturen eines Patienten für einen Bediener zusammenfassend mit einer Ansicht des Patienten durch den Bediener, mit:

a) einer halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) zum Anzeigen eines zugeführten

Bildes mit einem einstellbaren Grad von Transparenz, so daß es überlagert zu durch die Bildschirmeinrichtung (250) gesehenen Strukturen erscheint;

- einem mechanischen Arm (7) zum Halten der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) in einer ausgewählten Position zwischen dem Bediener (350) und dem Patienten (1) derart, daß der Bediener (350) den Patienten (1) durch die halbtransparente Bildschirmeinrichtung (350) sehen kann;
- einer Nachführleinrichtung (50) zum wiederholten Messen der Lokalisierung und Ausrichtung des Bedieners (350), des Patienten (1) und der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (350); und
- einer Workstation (100), die mit der Nachführleinrichtung (50) gekoppelt ist, um die Lokalisierung und Ausrichtungen zu empfangen und ein Bild aus einem Satz von gespeicherten Abbildungsdaten zu erzeugen, so daß die inneren Strukturen auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) mit den relativen Lokalisierungen und Ausrichtungen des Bedieners (350), des Patienten (1) und der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) übereinstimmen.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, mit:

einem medizinischen Abbildungssystem zum Erhalten von einem dreidimensionalen (3D) Satz von Abbildungsdaten von inneren Strukturen des Patienten (1).

3. Einrichtung nach Anspruch 1, mit:

- einer eindringenden Einrichtung (3) mit einer Position und Ausrichtung, die auch durch die Nachführleinrichtung (50) nachgeführt wird; und
- einer Symbolerzeugungseinrichtung (5) zum Überlagern eines Symbols auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) zum Anzeigen der Position und Ausrichtung der eindringenden Einrichtung (3).

4. Einrichtung nach Anspruch 3, wobei die Symbolerzeugungseinrichtung (5) eine Einrichtung zum Anzeigen eines Strahl umfaßt, der die gegenwärtige Ausrichtung der eindringenden Einrichtung (3) und ihren vorgeschlagenen Pfad in die inneren Strukturen des Patienten (1) anzeigt.

5. Einrichtung nach Anspruch 1, wobei die Nachführleinrichtung (50) eine erste und zweite Position und Ausrichtung entsprechend jedem Auge des Bedieners (350) bestimmt und die Workstation (100a) ein Bild entsprechend der ersten Lokalisierung und Ausrichtung erzeugt, mit:

- einer zweiten Workstation (100b) zum Erzeugen eines zweiten Bilds von inneren Strukturen des Patienten (1) aus den Abbildungsdaten, wie sie aus der zweiten Lokalisierung und Ausrichtung gesehen werden;
- eine stereoskopische Anzeigeeinrichtung (252), die mit der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) synchronisiert ist, um nur einem der Augen des Bedieners (350) zu ermöglichen, die halbtransparente Bildschirmeinrichtung (250) zu sehen, wenn das erste computererzeugte Bild angezeigt wird, und dem anderen Auge des Bedieners (350) zu ermöglichen, die halbtransparente Bildschirm-

einrichtung (250) zu sehen, wenn das zweite computererzeugte Bild angezeigt wird, wodurch ein dreidimensionales (3D) Bild von inneren Strukturen darüber überlagert und äußere Strukturen des Patienten simuliert werden.

6. Einrichtung nach Anspruch 1, wobei die halbtransparente Bildschirmeinrichtung (250) eine Oberfläche besitzt, die aus einem Material besteht, auf dem geschrieben und wieder gelöscht werden kann.

7. Verfahren zum Unterstützen eines Bedieners zum Durchführen eines medizinischen Verfahrens bei einem Patienten, mit den Schritten:

- Aufnehmen von mehrdimensionalen medizinischen Abbildungsdaten von inneren Strukturen eines Patienten (1);
- Auswählen einer Lokalisierung und Ausrichtung zwischen dem Bediener (350) und dem Patienten (1);
- Positionieren einer freistehenden halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) an der ausgewählten Lokalisierung und Ausrichtung, um dem Bediener (350) zu ermöglichen, den Patienten durch die halbtransparente Bildschirmeinrichtung (250) zu sehen;
- Messen von Lokalisierungen ( $x, y, z$ ) und Ausrichtungswinkeln ( $\alpha, \Phi, \theta$ ) des Patienten (1), des Bedieners (350) und der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250);
- Erzeugen eines computererzeugten Bildes der inneren Strukturen aus den medizinischen Abbildungsdaten in Übereinstimmung mit den gemessenen Lokalisierungen ( $x, y, z$ ) und Ausrichtungswinkeln ( $\alpha, \Phi, \theta$ ) und
- Anzeigen des computererzeugten Bildes auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) mit einem gewünschten Grad von Transparenz, um den Eindruck von inneren Strukturen überlagert zum Patienten (1) zu erzeugen, um dem Bediener (350) bei dem medizinischen Verfahren zu helfen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Aufnehmens von mehrdimensionalen medizinischen Abbildungsdaten in Echtzeit durch ein medizinisches Abbildungssystem durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Erzeugens eines computererzeugten Bildes den Schritt

- Erzeugen eines Paares von computererzeugten Stereobildern der inneren Strukturen aus den medizinischen Abbildungsdaten in Übereinstimmung mit den gemessenen Lokalisierungen und Ausrichtungswinkeln umfaßt; und wobei der Schritt des Anzeigens des computererzeugten Bildes den Schritt:

Anzeigen des Paares computererzeugter Bilder auf der halbtransparenten Bildschirmeinrichtung (250) mit einem gewünschten Grad an Transparenz zum Erzeugen eines stereographischen Eindrucks von inneren Strukturen überlagert zum Patienten (1), um dem Bediener (350) bei dem medizinischen Verfahren zu helfen, umfaßt.

10. Verfahren nach Anspruch 7, mit dem Schritt: Anpassen des Abstandes und der Ausrichtungswinkel der linken und rechten computererzeugten Bilder, um mit der Ansicht des Patienten (1) durch den Bediener (350) übereinzustimmen.

DE 195 42 605 A1

11

12

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

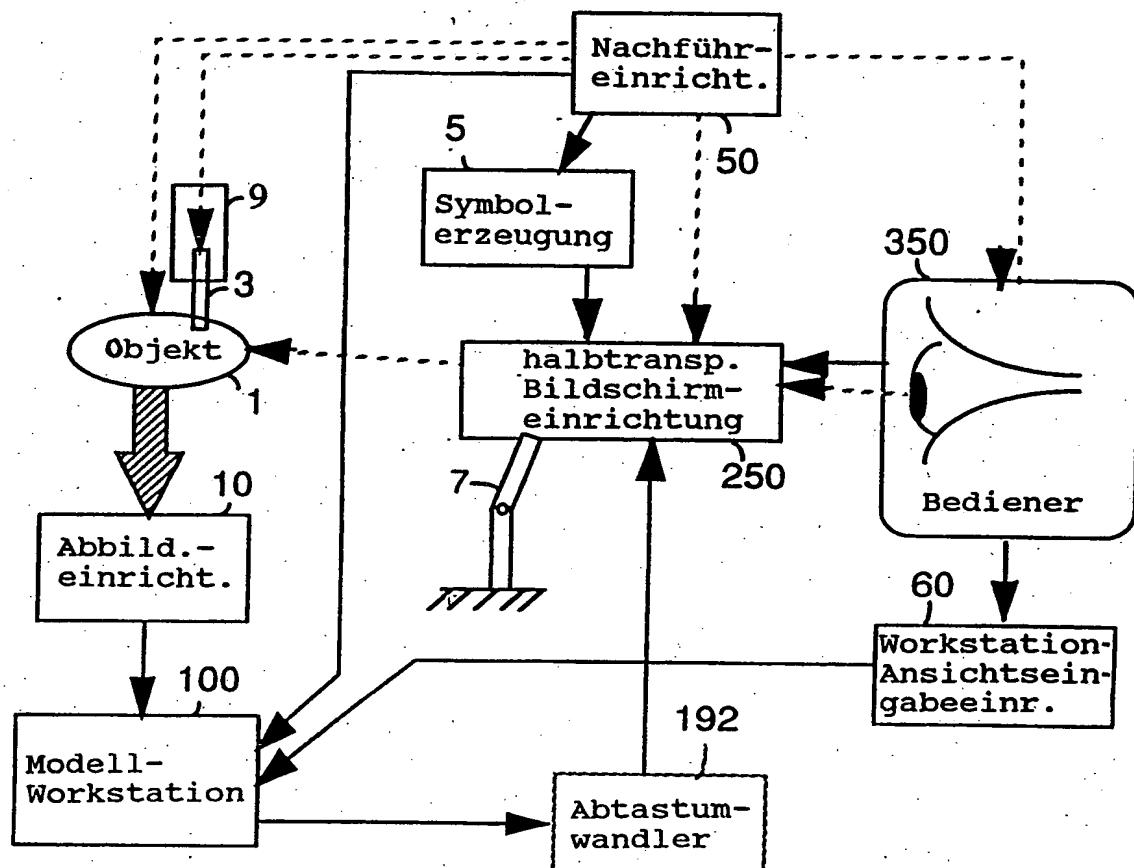


Fig. 1

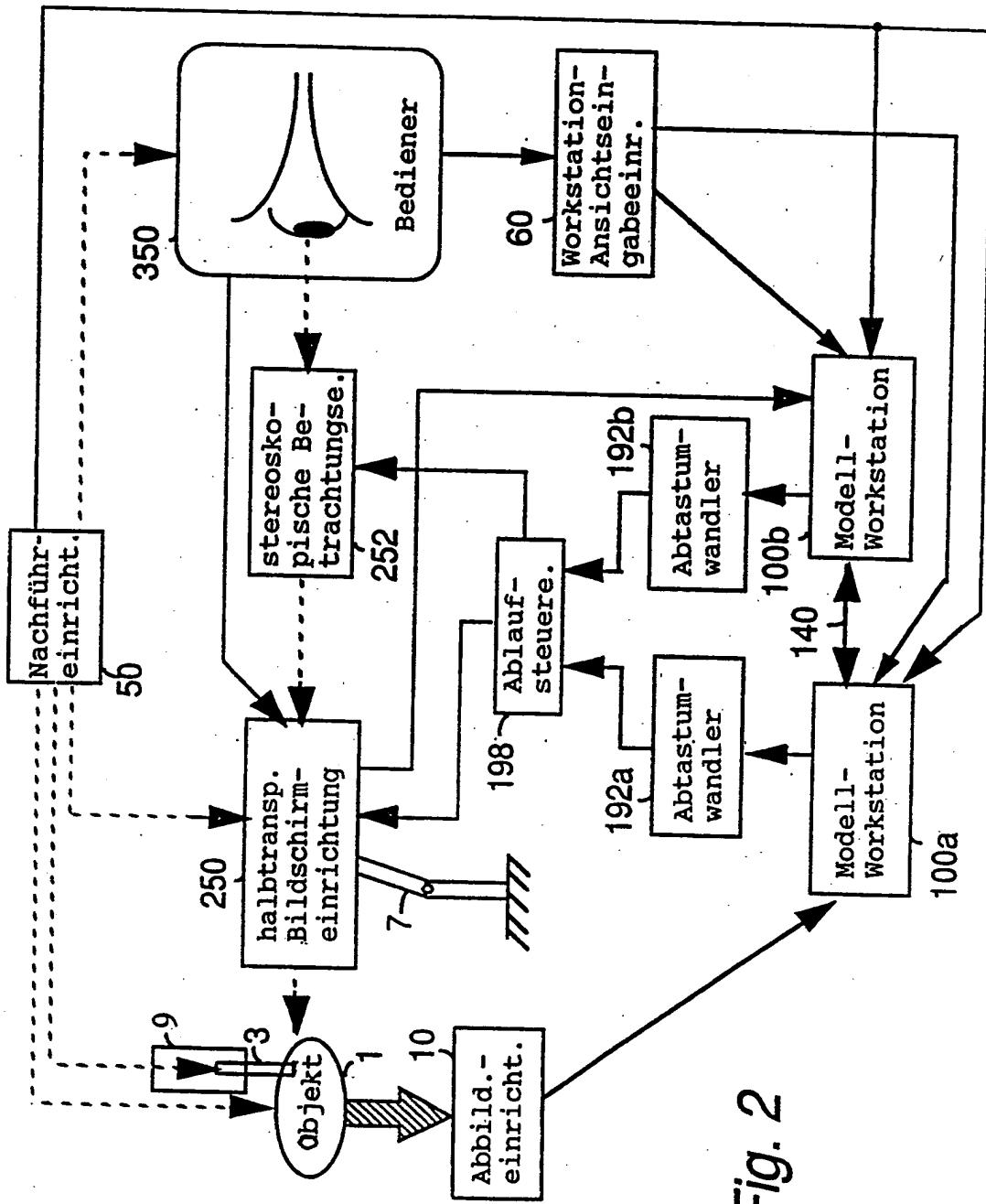


Fig. 2